

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-042224

(43)Date of publication of application : 13.02.2003

(51)Int.Cl.

F16F 15/03  
B60G 17/00  
// H02P 7/00

(21)Application number : 2001-232658

(71)Applicant : TOKICO LTD

(22)Date of filing : 31.07.2001

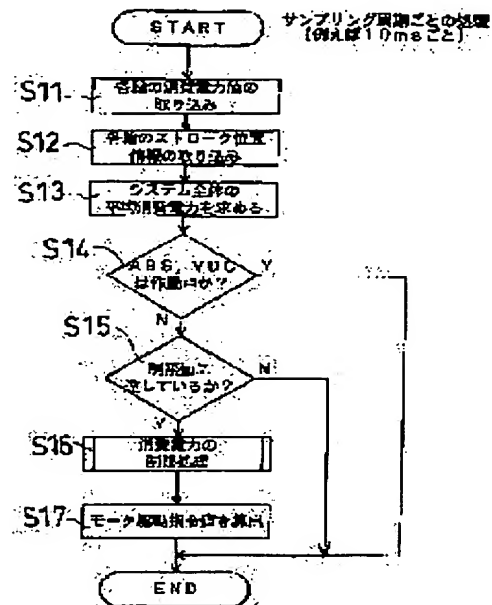
(72)Inventor : AKAMI YUSUKE  
OSAWA SATOSHI

## (54) ELECTROMAGNETIC SUSPENSION DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an electromagnetic suspension device capable of suppressing power consumption.

SOLUTION: When an ABS(Antilock Brake System) control device and a VDC(Vehicle Dynamic Control) device are not operated (determined No in a step S14), namely, except for in emergency (determined Yes in the step S14) when there is a possibility of lowering traveling stability of a vehicle, the power consumption of a motor 3 is controlled to the upper limit value (limiting value) or less of the power consumption (steps S15-S17). This method can easily suppress the whole power consumption of the vehicle to a prescribed value or less. This can also prevent batteries from going flat and heating of a power cable. Furthermore, this method can suppress the temperature of a coil of the motor to a prescribed value or less except for in emergency so as to suppress expansion of the coil, reduce a gap between the coil and a permanent magnet, and improve the propulsion of the motor. This method can also suppress the rise in the peripheral temperature of the permanent magnet so as to reduce the possibility of demagnetization caused by the heat of the permanent magnet.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-42224  
(P2003-42224A)

(43) 公開日 平成15年2月13日 (2003.2.13)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

ターミナル (参考)

F 1 6 F 15/03

F 1 6 F 15/03

G 3 D 0 0 1

B 6 0 G 17/00

B 6 0 G 17/00

3 J 0 4 8

// H 0 2 P 7/00

1 0 1

H 0 2 P 7/00

1 0 1 B 5 H 5 4 0

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-232658(P2001-232658)

(22) 出願日 平成13年7月31日 (2001.7.31)

(71) 出願人 000003056

トキコ株式会社

神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3号

(72) 発明者 赤見 裕介

神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3号 トキコ株式会社内

(72) 発明者 大澤 聡

神奈川県川崎市川崎区富士見1丁目6番3号 トキコ株式会社内

(74) 代理人 100068618

弁理士 荻 経夫 (外3名)

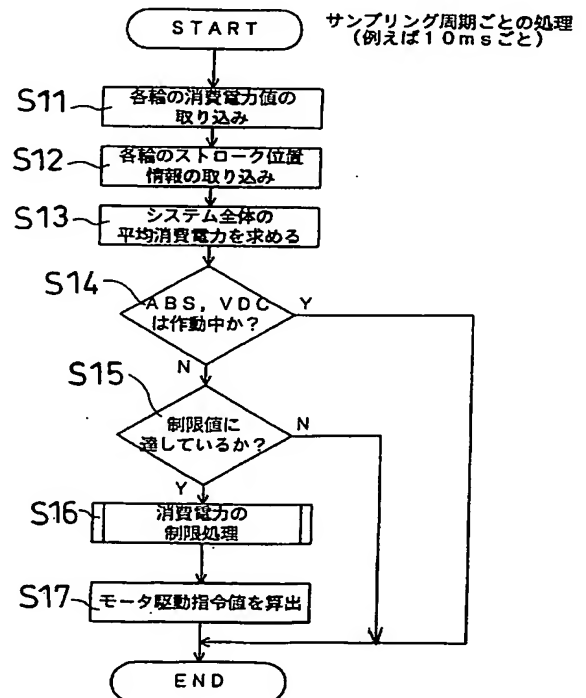
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電磁サスペンション装置

(57) 【要約】

【課題】 消費電力の抑制を図ることができる電磁サスペンション装置を提供する。

【解決手段】 ABS制御装置及びVDC制御装置が作動中でない (ステップS14でNoと判定) 場合、すなわち車両の走行安定性が低下する虞がある非常時 (ステップS14でYesと判定) 以外の際に、モータ3の消費電力を消費電力上限値 (制限値) 以下に制限する (ステップS15～S17)。このため、車両全体の消費電力を一定値以下に抑制することを容易に行える。また、バッテリー上がり、動力ケーブルの発熱を防止できる。さらに、非常時以外はモータのコイルの温度を一定値以下に抑制できるため、コイルの膨張が抑制され、コイル-永久磁石間のギャップを小さくすることができ、モータの推力を向上できる。永久磁石の周囲温度の上昇を抑制できるため、永久磁石の熱によって減磁する虞が少なくなる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 相対的に変位可能に一对の変位部材を設け、前記一对の変位部材のいずれか一方に磁石部材を複数個設け、いずれか他方にコイル部材を複数個設け、前記コイル部材への通電により前記磁石部材との間に生じる電磁力によって推進力を得、前記コイル部材及び前記磁石部材の相対変位により前記コイル部材に生じる起電力によって減衰力を得るサスペンションユニットを備えた電磁サスペンション装置において、前記コイル部材の消費電力を検出する消費電力検出手段と、該消費電力検出手段によって検出された消費電力値と予め定められた消費電力上限値とを比較する消費電力比較手段と、前記消費電力検出手段によって検出された消費電力値が前記消費電力上限値より大きい場合に、前記コイル部材の消費電力を抑制制御する消費電力制御手段と、を備えたことを特徴とする電磁サスペンション装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載の構成において、車両の走行安定性を制御する走行安定性制御装置を備え、該走行安定性制御装置が作動中である場合、前記消費電力制御手段の作動を解除することを特徴とする電磁サスペンション装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、電磁力による振動抑制用アクチュエータ、ダンパに係り、特に、自動車、二輪車、鉄道車両、構造物及び建造物などに用いて好適な電磁サスペンション装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来の電磁サスペンション装置の一例として、油圧ダンパのオリフィス等の減衰力発生機構に代えて、回転型モータ及びこの回転型モータのロータの回転を直線動に変換する直動一回転動変換機構を用いたり、あるいは直動型モータを用いた電磁サスペンション装置がある。この電磁サスペンション装置は、通電することにより可動部を変位させモータを本来のモータ（アクチュエータ）としてアクティブに動作させる一方、モータを発電機として使用することにより（パッシブに）減衰力を発生させるようにしている。

【0003】 前記モータを発電機として使用する場合、モータ（発電機）に発生する抵抗力、すなわち減衰力は、コイルに流れる電流の大きさに比例するので、減衰力を可変とするためには、コイルに流れる電流の大きさを調整すればよい。コイルに流れる電流を調整するには、回路内に可変抵抗を設けたり、回路をオン、オフ（ON/OFF）するスイッチを設け、スイッチのオン、オフ時間比を制御することなどで容易に実現できる。

【0004】 そのため、電磁サスペンション装置の減衰

力をストローク速度やストローク位置に応じて可変制御したり、制御対象の振動を抑制するようにリアルタイムに可変制御する、いわゆるセミアクティブダンパとして構成することは比較的容易である。また、このようにセミアクティブダンパとして構成する（発電機として使用する）場合、電磁サスペンション装置に電気エネルギーを与える必要はなく、消費電力を非常に低く抑えることができる。

【0005】 また、電磁サスペンション装置に電気エネルギーを与えてモータとして使用すれば、容易に任意の力を発生させることができるため、力を加えて減衰力を大きくしたり、任意の制御力を発生させてアクティブサスペンションとして動作させ、振動抑制効果を高めることが可能であり、このようにして振動抑制効果を高める方法も提案されている。前記電磁サスペンション装置でモータとしては直流モータや同期モータが用いられている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、前記電磁サスペンション装置のモータとして用いられる直流モータや同期モータは、その推力がコイルに流れる電流の大きさに決まる。このため、制御効果を高めるために大きな推力を発生しようとする場合、コイルに流す電流を大きくしなければならず、ひいては消費電力の増加を招くことになる。また、コイルに流れる電流が大きくなるとコイルの電気抵抗によるコイル発熱が大きくなる。さらに、消費電力が大きくなれば、発電量の上昇による燃費の悪化、バッテリー上がり等を招くことになる。

【0007】 本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、消費電力の抑制を図ることができる電磁サスペンション装置を提供することを目的とする。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】 請求項 1 記載の発明は、相対的に変位可能に一对の変位部材を設け、前記一对の変位部材のいずれか一方に磁石部材を複数個設け、いずれか他方にコイル部材を複数個設け、前記コイル部材への通電により前記磁石部材との間に生じる電磁力によって推進力を得、前記コイル部材及び前記磁石部材の相対変位により前記コイル部材に生じる起電力によって減衰力を得るサスペンションユニットを備えた電磁サスペンション装置において、前記コイル部材の消費電力を検出する消費電力検出手段と、該消費電力検出手段によって検出された消費電力値と予め定められた消費電力上限値とを比較する消費電力比較手段と、前記消費電力検出手段によって検出された消費電力値が前記消費電力上限値より大きい場合に、前記コイル部材の消費電力を抑制制御する消費電力制御手段と、を備えたことを特徴とする。請求項 2 記載の発明は、請求項 1 記載の構成において、車両の走行安定性を制御する走行安定性制御装置を備え、該走行安定性制御装置が作動中である場合、前記

消費電力制御手段の作動を解除することを特徴とする。

#### 【0009】

【発明の実施の形態】本発明の第1実施の形態に係る電磁サスペンション装置を図1～図15に基づいて説明する。

【0010】図1及び図2において、電磁サスペンション装置1は自動車に用いられるものであり、各車輪側部材と車体との間に介装される4本のサスペンションユニットを有している。右前輪側部材、左前輪側部材、右後輪側部材及び左後輪側部材にそれぞれ対応するサスペンションユニットを、右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側サスペンションユニット2FR, 2FL, 2RR, 2RLという。右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側サスペンションユニット2FR, 2FL, 2RR, 2RLには、それぞれ3相同期形のモータ（それぞれ、右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側モータ3FR, 3FL, 3RR, 3RLという。）が備えられている。右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側サスペンションユニット2FR, 2FL, 2RR, 2RLは同等構成を成しており、以下、適宜サスペンションユニット2と総称する。また、右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側モータ3FR, 3FL, 3RR, 3RLについても同様に、適宜モータ3と総称する。

【0011】右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側モータ3FR, 3FL, 3RR, 3RLにはそれぞれドライバ（それぞれ、右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側ドライバ4FR, 4FL, 4RR, 4RLという。）が接続されており、モータ3を駆動するようにしている。右前輪側、左前輪側、右後輪側及び左後輪側ドライバ4FR, 4FL, 4RR, 4RLは同等構成を成しており、以下、適宜ドライバ4と総称する。ドライバ4は、各車輪に対応するサスペンションタワー部に設けられている。ドライバ4にはDC36Vのモータ用電源5が接続されている。

【0012】ドライバ4には、シリアル通信バス6を介して制御装置7（消費電力制御手段）が接続されており、制御装置7からドライバ4への動作指令や、ドライバ4から制御装置7への各種フィードバックなどは全てシリアル通信【例えばCAN（Controller Area Network）仕様に準拠したシリアル通信】によって行われるようにしている。シリアル通信のプロトコルは、制御装置7からの「コマンド」とドライバ4からの「レスポンス」がセットになったもので、一定間隔（例えば5ms）【制御装置7の制御周期】毎に常に「コマンド」と「レスポンス」が授受される。

【0013】また、例えば制御装置7からドライバ4への「コマンド」が一定時間（例えば20ms）以上送信されない、あるいはドライバ4から制御装置7への「レスポンス」が一定時間（例えば20ms）以上送信されない、といった場合は、制御装置7又はドライバ4はシ

ステム異常と判断し、「モータ用電源5の切断」、「エラー表示」などの異常処理を行う。シリアル通信バス6には、ABS（Anti-lock Break System）制御装置8及びVDC（Vehicle Dynamics Control）制御装置9が接続されている。ABS制御装置8及びVDC制御装置9は、車両の走行安定性を確保するようにしたものであり、本発明で言う走行安定性制御装置を構成している。本電磁サスペンション装置1、ABS制御装置8及びVDC制御装置9は協調して動作することができるようになっていている。

【0014】制御装置7は、モータ3への通電ひいてはモータ3による推進力発生制御を行うと共に、モータ3の起電力発生（発電機としての使用）による減衰力制御を行うようにしている。制御装置7には、車体の上下振動を検出する3個の上下加速度センサ（以下、第1、第2、第3上下加速度センサという。）10, 11, 12、車輪速センサ13、ハンドル角センサ14、ブレーキセンサ15及びDC12Vの電源（以下、12V電源という。）16が接続されている。制御装置7には更に、システム診断などに用いる外部通信機器17が接続されている。第1上下加速度センサ10は右前輪のサスペンションタワー部に設けられ、第2上下加速度センサ11は左前輪のサスペンションタワー部に設けられ、第3上下加速度センサ12は後部トランク部に設けられている。

【0015】サスペンションユニット2は、図2に示すように、車両の車体側に保持される外筒部材20（一对の変位部材のうち一方）と、外筒部材20に相対変位可能に一端側が挿嵌され他端側が車両の車軸側に保持されるロッド21（一对の変位部材のうち他方）とを備えている。外筒部材20とロッド21との間になるようにして、外筒部材20の内側には複数のコイル22（コイル部材）が軸方向に所定長さにならって設けられ、ロッド21の外側には永久磁石（磁石部材）23が軸方向に所定長さにならって設けられている。

【0016】コイル22とロッド21（永久磁石23）との間になるようにして、コイル22の内側に筒状の案内部材（以下、第1案内部材という。）24が設けられ、ロッド21の一端部には第1案内部材24に摺動する摺動部（以下、第1摺動部という。）25が設けられている。外筒部材20の開口端には環状の案内部材（以下、第2案内部材という。）26が装着されている。第2案内部材26の内側には、ロッド21に摺動してその動きを案内する摺動部（以下、第2摺動部という。）27が設けられている。ロッド21は、第1摺動部25及び第2摺動部27によって外筒部材20に対して摺動可能に支持されている。

【0017】前記コイル22は、U相、V相、W相が軸方向に交互に並んだ構成になっている。永久磁石23は、N極、S極が軸方向に交互に並んだ構成になってい

る。コイル22に通電するとコイル22と永久磁石23との間に軸方向の推力が発生し外筒部材20とロッド21は相対変位（ストローク）する。推力の向きはコイル22の通電方向に基づいて定まる。本実施の形態では、コイル22、永久磁石23及びコイル22、永久磁石23を支持する部材などから前記モータ3が構成されている。また、外筒部材20及びロッド21についてはコイル22及び永久磁石23が相対変位すると、コイル22には起電力が生じ、モータ3は発電機的作用をなすようになっている。サスペンションユニット2のモータ3には位置センサ30（図4参照）が設けられており、コイル22及び永久磁石23については外筒部材20とロッド21の相対変位（ストローク）を検出し得るようになってい

【0018】制御装置7は、本電磁サスペンション装置1の制御プログラムや定数などの固定的なデータを記憶するROM31と、前記制御プログラムを実行し、本電磁サスペンション装置1全体の制御を司るCPU32と、CPU32の演算結果等を一時的に記憶するRAM33と、サンプリング時間等を生成するタイマ34とを備えている。制御装置7は、さらに、第1、第2、第3上下加速度センサ10、11、12からのアナログ信号をA/D変換するA/D変換器35と、車輪速センサ13、ハンドル角センサ14及びブレーキセンサ15からの信号を処理するセンサi/oインターフェース（センサi/o i/f）36と、ドライバ4などとのシリアル通信のCANインターフェース37と、12V電源16をCPU32などが必要とする5V、3.3Vなどの電圧に変換するDC/DC電源ユニット38と、外部通信機器17に対して信号を授受する外部通信機器インターフェース39とを備えている。本実施の形態では、消費電力制限手段はROM31に記憶されている制御装置7の制御プログラムの中の1シーケンスとして構成される。

【0019】本電磁サスペンション装置1では、車両の状態のうち車体の上下振動については上述したように第1、第2、第3上下加速度センサが検出する。また、車体のロール、ピッチング量については、前記位置センサ30の検出信号、ひいては各車輪のサスペンションユニット2のストロークに基づいて判断する。また、車両の状態の検出は、前記第1、第2、第3上下加速度センサ10、11、12及び位置センサ30に限らず、車輪速センサ13、ハンドル角センサ14、ブレーキセンサ15によっても行うようにしている。

【0020】制御装置7は、前記第1、第2、第3上下加速度センサ10、11、12、位置センサ30、車輪速センサ13、ハンドル角センサ14、ブレーキセンサ15からの信号に基づいて、車両の振動、姿勢の変化や不安定な車両挙動を抑制するように、また、車速や運転者のハンドル、アクセル、ブレーキ操作に対して車両が

より安定するように各輪のサスペンションユニット2の制御量を決定し、ドライバ4に対してモータ3の駆動信号を送るようにしている。

【0021】ドライバ4は、図4に示すように、モータ駆動用制御プログラムや定数などの固定的なデータを記憶するROM（以下、ドライバROMという。）40と、前記モータ駆動用制御プログラムを実行し、制御装置7との通信制御を行うと共にドライバ4の制御を司るCPU（以下、ドライバCPUという。）41〔消費電力検出手段〕と、ドライバCPU41の演算結果等を一時的に記憶するRAM（以下、ドライバRAMという。）42と、車両及び運転者などに固有とされ、書き換え可能なパラメータ等を記憶するFLASHメモリ43と、サンプリング時間等を生成するタイマ（以下、ドライバタイマという。）44とを備えている。

【0022】ドライバ4は、さらに、モータ3駆動用のPWM信号生成器45と、電気的絶縁を行うフォトカプラ46と、モータ用電源5（DC36V）にDCバス47を介して接続され、モータ用電源5からの電流をモータ3の駆動に使用するように3相電流に変換しこの電流をモータ接続線48を介してモータ3に出力するIGBTと、IGBT49のゲートを駆動するゲートドライバ50と、前記モータ接続線48に設けられモータ3の駆動電流を検出する電流検出器51（消費電力検出手段）と、モータ3の駆動電圧を検出する電圧検出器52と、モータ接続線48の出力側に設けられるラインフィルタ53と、電流検出器51及び電圧検出器52（消費電力検出手段）からのアナログ信号をA/D変換するA/D変換器（以下、ドライバA/D変換器という。）54と、前記位置センサ30からの信号をデジタル信号に変換してドライバCPU41に入力する位置センサインターフェース（位置センサi/f）55とを備えている。

【0023】ドライバ4には、さらに、DCバス47の電圧を監視する過電圧検出器56と、IGBT49の過熱を検出する過熱検出器57と、制御装置7とのシリアル通信インターフェースであるCANi/f（以下、ドライバCANインターフェースという。）58と、モータ用電源5をドライバCPU41など他の部材の動作に必要な5V、12Vなどの電圧に変換するDC/DC電源ユニット（以下、ドライバDC/DC電源ユニットという。）59とが備えられている。

【0024】ドライバ4は、シリアル通信バス6を介し、制御装置7から「サーボON」などの制御コマンド及び実際にモータ3を駆動させる制御量等を受け取ると、サンプリング時間（ドライバ4の制御周期）毎に位置センサ30の信号からモータ3内のU相、V相、W相コイル22と永久磁石23の作る磁気回路との間の位相角（電気角）、モータ3の動作速度、電流検出器51、電圧検出器52の信号からコイル22の電流値、電圧値

を取得し、制御装置7からのモータ駆動指令通りのモータ動作となるようにPWM信号生成器45を調節する。前記ドライバ4の制御周期は、制御装置7の制御周期（例えば5ms）よりも充分速く、例えば250μsに設定されている。

【0025】この電磁サスペンション装置1では、車体の上下振動に伴いロッド21及び外筒部材20が相対的に変位すれば、コイル22には起電力が発生する。すなわち、モータ3は発電機として作用し、コイル22に電流が流れることにより、サスペンションユニット2（モータ3）はロッド21及び外筒部材20の相対速度に応じた抵抗力、すなわち減衰力を発生することになる。また、ロッド21と外筒部材20との相対的な位置関係（電気角）、ひいては車体の上下振動状態に応じて、コイル22に電流を流せば、モータ3は本来のモータ（アクチュエータ）として作用し、サスペンションユニット2は振動抑制効果を向上できるようにしている。

【0026】上述したようにコイル22に電流を流し、モータ3を駆動する際、本実施の形態では、次のようにモータ3が消費する平均電力（平均消費電力）を検出すると共に、この平均消費電力と予め定めた消費電力上限値と比較し、比較結果に基づいて消費電力の抑制を図るようにしている。次に、(i) 平均消費電力の検出方法、及び(ii) 消費電力の制限方法について説明する。

【0027】(i) 平均消費電力の検出方法

一般に、一定時間Tの平均消費電力Pbは、図5の式(1)で表される。すなわち、瞬時電圧e(t)と瞬時電流i(t)の積である瞬時電力e(t)×i(t)を積分し、この積分値を時間Tで除しこれを平均したものである。式(1)は、電圧、電流が正弦波状である場合には、次式(2)に示すように表されるが、本電磁サスペンション装置1では、電圧、電流が正弦波状ではなく一定値である場合も多いことから、前記式(1)に基づいて平均消費電力を求めるようにしている。

$$P = E \times I \times \cos \phi \quad (2)$$

ただし、E : e(t)の実効値

I : i(t)の実効値

φ : e(t)とi(t)間の位相差(cos φ: 力率)

【0028】なお、モータ3の消費電力に関して、瞬時消費電力でなく平均消費電力を求めるようにしたのは、次の2つの理由等があるからである。すなわち、なるべく実効的な消費電力を求めたいことが1つの理由である。また、車体の振動抑制、姿勢制御等を行なう場合、モータ3は瞬間的に定格の数倍程度の駆動力を出すことが可能であれば制御性能が向上するため、瞬間的に高い消費電力は許容したい（すなわち、瞬時消費電力については制限を緩くしたい）ことが他の1つの理由である。

【0029】ドライバ4内部において、一定時間Tの1

輪分の平均消費電力Pbを求めようとする場合、用いられる演算式としては図6の式(3)が基本となる。つまり、電圧値、電流値をデジタル化[e(k): k番目のサンプリングによる瞬時電圧値、i(k): k番目のサンプリングによる瞬時電流値]し、このサンプリングして得られた瞬時データのある一定区間において加算し、それをサンプリング回数Nで除して平均化し一定時間Tの1輪分の平均消費電力Pbを求める。

【0030】すなわち、図7に示すように、サンプリング間隔に応じた幅Δtの瞬時電力の短冊が一定区間にわたって総和され、この総和値が一定時間Tで平均化されて前記一定時間Tの1輪分の平均消費電力Pbが得られることを意味する。また、短冊幅Δtが小さくなればなるほど正確さは増加することになる。ちなみに、電圧、電流の変化が正弦波状であるとして前記式(2)によって消費電力を求める場合は、電圧の実効値E、電流の実効値Iは、例えば図8の式(4)、(5)で求められる。また、本電磁サスペンション装置1では力率はほぼ一定であると考えられるので、式(2)の力率は一定値をとる。

【0031】前記サスペンションユニット2に備えられたモータ3は3相同期モータであるので、このモータ3の消費電力を求める場合、U相、V相、W相の電力をそれぞれ測定し加算することにより精度の高い値を得ることができる。しかし、2相電力の和から求めることもできる（二電力計法、ブロンデルの定理による。）。本実施の形態においては、図9に示すように、二電力計法に基づき、U-V相間電圧(euv)、V-W相間電圧(ewv)、U相電流(iu)、W相電流(iw)の瞬時値を測定し、図10の式(6)に従って消費電力P（ひいては平均消費電力Pb）を求めるようにしている。

【0032】具体的には、電流検出器51でU相電流値及びW相電流値の各瞬時値を測定し、電圧検出器52でU-V相電圧値及びV-W相電圧値の各瞬時値を測定し、電流検出器51及び電圧検出器52の各アナログ出力をドライバA/D変換器54でデジタルデータに変換し、ドライバCPU41に取り込んで計算する。サンプリング周期やサンプリング回数は、要求される検出精度や搭載しているメモリ容量などにより異なるが、例えばサンプリング周期を10ms、サンプリング回数Nを2000回（20秒間）に設定する。この場合、計算して得られるのは20秒前から現在までの平均消費電力Pbということになる。

【0033】前記平均消費電力Pbの計算は、モータ3が動作している間はサンプリング周期毎に常に行うので、サンプリング周期毎に最も古いデータを破棄し、最新のデータを記憶するようにしている。例えば、図11に示すようなFIFOバッファ60をRAM33内に設け、瞬時電流値、瞬時電圧値をサンプリングするたびに先頭バッファから書き込み、ポインタをずらしていく。

そして、最終位置のバッファに達した場合は、書き込みポイントを先頭バッファに戻す。そして、これら瞬時電流値、瞬時電圧値から前記式(6)に従って平均消費電力 $P_b$ を計算する。

【0034】この平均消費電力 $P_b$ の計算について図12のフローチャートに基づいて説明する。この平均消費電力 $P_b$ の計算は、サンプリング周期(例えば10ms)毎に処理される。まず、電流検出器51でU相電流値及びW相電流値を測定し、電圧検出器52でU-V相電圧値及びV-W相電圧値を測定し、電流検出器51及び電圧検出器52の各アナログ出力をドライバA/D変換器54でデジタルデータに変換し、ドライバCPU41に取り込む(ステップS1)。

【0035】次に、F I L Oバッファ60への書き込み位置を示すポイントがF I L Oバッファ60の最終位置かどうかを判断する(ステップS2)。ステップS2でYes(F I L Oバッファ60の最終位置である)と判定すると、ポイントを先頭位置へ戻し(ステップS3)、ステップS4に進む。ステップS2でNoと判定するとステップS4に進む。ステップS4では、ポイントの指示するF I L Oバッファ60へU相電流値、W相電流値、U-V相電圧値、V-W相電圧値を書き込む。続いて、平均消費電力 $P_b$ を求め(ステップS5)、ポイントをインクリメントする(ステップS6)。

【0036】(ii)消費電力の制限方法

本実施の形態では、上述したように消費電力を制限するようにしているが、この消費電力の制限方法について、図13のフローチャートに基づいて説明する。制御装置7は、例えば10ms毎に各輪のモータ3の平均消費電力を読み込み(ステップS11)、次に、各サスペンションユニット2のストローク位置情報を読み込み(ステップS12)、各輪のモータ3の平均消費電力を加算して全体の平均消費電力を求める(ステップS13)。

【0037】次に、ABS制御装置8やVDC制御装置9が作動中かどうかを判定する(ステップS14)。ステップS14でYes(作動中である)と判定すると、このサンプリング周期の演算を終了し、車両が危険な状態にあるとして消費電力の制限は行わず、車両の安定を保つようにする。

【0038】ステップS14でNo(ABS制御装置8やVDC制御装置9が作動中でない)と判定すると、全体の平均消費電力が予め定めた消費電力上限値(例えば400W)に達しているかどうかを判断する(ステップS15)。ステップS15でYes(平均消費電力が消費電力上限値に達している)と判定すると、消費電力の制限処理を行う(ステップS16)。次に、各輪のドライバ4へのモータ駆動指令値を算出する(ステップS17)。前記消費電力上限値として400Wを例示したが、これに限らず、適宜最適な値に設定してもよい。

【0039】ステップS16の消費電力の制限処理(サ

ブルーチン)では、図14に示すように、平均消費電力の消費電力上限値に対する超過分を算出し(ステップS21)、次に、各輪の消費電力に関して均等に超過分を差し引くように超過分の1/4を求め、この1/4の超過分の電力に対応する各輪のモータ3の電流値を決定する(ステップS22)。

【0040】ステップS16の消費電力の制限処理は、前記図14の処理に代えて、図15に示すように行ってもよい。すなわち、まず、消費電力の消費電力上限値からの超過分を算出する(ステップS31)。次に、車両にロール、ピッチング時におけるDC成分(一定値をとる信号成分で、定常円旋回ロール時や、一定減速度のピッチング時における信号成分)が発生しているか否かを判定する(ステップS32)。ステップS32でYes(DC成分が発生している)と判定すると、ロール、ピッチングなどの抑制のための制御力に対しては減算分は減らす(ステップS33)。すなわち、ロール、ピッチングなどに対しては、消費電力の制限中であってもある程度、抑制が可能にようにする。

【0041】また、ステップS32でNo(DC成分が発生していない)と判定すると、図14のステップS22と同様に、各輪とも均等に消費電力の超過分を差し引く(ステップS34)。この図15の消費電力の制限処理を行うことにより、ロール、ピッチングなどの抑制のための制御力は余り減少しないという利点がある。

【0042】上述した第1実施の形態では、ABS制御装置8及びVDC制御装置9が作動中でない(ステップS14でNoと判定)場合、すなわち車両の走行安定性が低下する虞がある非常時(ステップS14でYesと判定)以外の際に、モータ3の消費電力を消費電力上限値以下に抑制する(ステップS15～S17)ことができる。このため、(1)車両全体の消費電力を一定値以下に抑制することを容易に行え、(2)バッテリー(モータ用電源)上がり、モータケーブルの発熱を防止できる。さらに、非常時以外はモータ3のコイル22の温度を一定値以下に抑制できるため、以下の作用、効果を奏する。

(3)コイル22の膨張が抑制され、コイル22-永久磁石23間のギャップを小さくすることができ、モータ3の推力を向上できる。

(4)永久磁石23の周囲温度の上昇を抑制できるため、永久磁石23の熱によって減磁する虞が少なくなる。

(5)モータ3(サスペンションユニット2)の発熱が抑えられるので、シール類、油脂類の耐久性を向上させることができる。

(6)モータ3(サスペンションユニット2)の熱膨張、収縮の程度が小さくなり、膨張、収縮の繰り返しによる疲労を抑制できるため、装置の耐久性が向上する。

【0043】またABS制御装置8及びVDC制御装置

9のうち少なくとも一方が作動中である場合（ステップS14でYesと判定した際）には、消費電力制御処理を行うステップS15～S17を飛ばして処理を行う、すなわち消費電力制御手段の作動を解除する。このため、車両の走行安定性が低下する虞がある非常時には、ABS制御装置8及びVDC制御装置9（走行安定性制御装置）の作動に加えて、モータ3を効果的に作動させて、車両の良好な走行安定性が確保される。

【0044】上記第1実施の形態では、サスペンションユニット2が円筒形リニアモータ構造である場合を例にしたが、これに代えて、図16に示すサスペンションユニット2Aを用いてもよい。図16に示すサスペンションユニット2Aは、外筒部材20Aと、外筒部材20Aに一端側が挿入され他端側が外筒部材20Aから突出する筒状のロッド21Aと、ロッド21Aの一端側に固定されたボールナット65と、ボールナット65に螺合し、ベアリング66を介して外筒部材20Aに回転可能に支持されたボールねじ67とを備えている。サスペンションユニット2Aは、さらに、ボールねじ67と同軸のシャフト68に固定された永久磁石23Aと、外筒部材20Aに固定されたコイル22Aと、コイル22A内に設けられた図示しないコア材とを備えている。外筒部材20Aの開口端には、環状の案内部材69が装着され、案内部材69の内側にはロッド21Aに摺動してこのロッド21Aを案内する摺動部70が設けられている。

【0045】このサスペンションユニット2Aでは、コイル22Aへの通電によりコイル22Aと永久磁石23Aとの間に電磁力を発生し、永久磁石23A（シャフト68）ひいてはボールねじ67が回転し、これによりボールナット65を介してロッド21Aが外筒部材20Aに対して軸方向に相対変位し、推進力を発生し、振動抑制効果を向上できるまた、車体の上下振動に伴いロッド21A及び外筒部材20Aが軸方向に相対的に変位すれば、軸方向の動きがボールナット65及びボールねじ67により回転運動に変換され、永久磁石23A（シャフト68）が回転しコイル22Aに起電力が発生し、ロッド21A及び外筒部材20Aの相対速度に応じた抵抗、すなわち減衰力を発生することになる。

【0046】前記第1実施の形態では、各輪のドライバ4内部で各輪の消費電力を個別に計算した後、制御装置7で加算するようにしているが、これに代えて、図17に示すように構成し、各輪の消費電力を一括して求めるようにしてもよい（第2実施の形態）。この第2実施の形態では、モータ用電源5とドライバ4との間に電流検出器51Aおよび電圧検出器52Aを設け、電流検出器51A、電圧検出器52Aの出力側とシリアル通信バス6との間に消費電力計算装置71を設けている。消費電力計算装置71は、電流検出器51Aおよび電圧検出器52Aからの検出信号により消費電力を計算し、この計

算した消費電力値をシリアル通信バス6を介して制御装置7に送るようにしている。また、消費電力の計算方法や消費電力の制限方法は、前記第1実施の形態と略同等に実施される。

【0047】前記第1実施の形態では、モータ3の駆動制御のために電流検出器51等を用いる一方、電流検出器51等を消費電力の計算に流用するものになっているのに対し、この第2実施の形態では、モータ3の駆動制御に必要な電流検出器51等を消費電力の計算に流用することができなくなるものの、消費電力の計算誤差の抑制や制御装置7の加算処理などが不要になる利点を有する。また、モータ3の駆動制御以外の消費電力、例えばドライバ4内のドライバCPU41やドライバA/D変換器54などが消費する消費電力も合わせて検出できるという利点がある。

【0048】前記実施の形態における平均消費電力の消費電力上限値は、例えば車両全体の消費電力量に応じて随時変更するようにしてもよい。すなわち、例えば車両全体の消費電力が小さい場合には、本電磁サスペンション装置の平均消費電力の消費電力上限値を上げるなどし、本電磁サスペンション装置内ではなく、車両全体の消費電力が一定値以下になるように調整する。この場合、車両全体の平均消費電力の測定手段と、本電磁サスペンション装置全体の平均消費電力の消費電力上限値の決定手段を設けることとする。

【0049】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、非常時以外は装置の消費電力を消費電力上限値以下に抑制することができるため、

(1) 当該装置が用いられる例えば車両全体の消費電力を一定値以下に抑制することを容易に行える。

(2) バッテリ上がり、動力ケーブルの発熱を防止できる。

【0050】さらに、非常時以外はサスペンションユニットのコイル部材の温度を一定値以下に抑制できるため、

(3) コイル部材の膨張が抑制され、コイル部材—磁石部材のギャップを小さくすることができ、サスペンションユニットの推力を向上できる。

(4) 磁石部材の周囲温度の上昇を抑制できるため、磁石部材の熱によって減磁する虞が少なくなる。

(5) コイル部材ひいてはサスペンションユニット2の発熱が抑えられるので、シール類、油脂類の耐久性を向上させることができる。

(6) サスペンションユニットの熱膨張、収縮の程度が小さくなり、膨張、収縮の繰り返しによる疲労を抑制できるため、サスペンションユニットの耐久性が向上する。

【0051】請求項2記載の発明によれば、走行安定性制御装置が作動中である場合、消費電力制御手段の作動

13

を解除するので、走行安定性制御装置が作動して車両の走行安定性が低下する虞がある際には、消費電力制御手段の作動を解除し消費電力の抑制制御を行わない。このため、制御装置は、車両の姿勢制御を継続して行うので、車両の良好な走行安定性を確保できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施の形態に係る電磁サスペンション装置を模式的に示す図である。

【図2】図1のサスペンションユニットを示す断面図である。

【図3】図1の制御装置を模式的に示すブロック図である。

【図4】図1のドライバを模式的に示すブロック図である。

【図5】平均消費電力の算出式の一例を示す図である。

【図6】図1のドライバが実施するデジタル信号に基づく平均消費電力の算出式を示す図である。

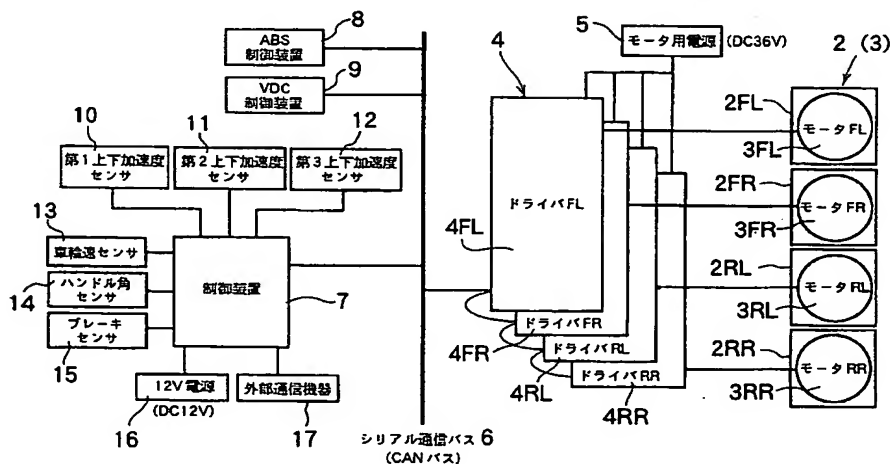
【図7】図6の算出式を説明するための図である。

【図8】瞬時電流の実効値及び瞬時電圧の実効値をそれぞれ求める算出式を示す図である。

【図9】第1実施の形態が用いる消費電力の測定方法を示す結線図である。

【図10】第1実施の形態が用いる消費電力の算出式を示す図である。

【図1】



【図5】

$$Pb = \frac{1}{T} \int_0^T e(t) \times i(t) dt \quad \dots \dots \dots (1)$$

ただし、 $e(t)$  = 瞬時電圧値  
 $i(t)$  = 瞬時電流値

14

【図11】図4のドライバのRAM内に設けるFIFOバッファを模式的に示す図である。

【図12】図1の制御装置が行う消費電力の計算処理内容を示すフローチャートである。

【図13】図1の制御装置が行う消費電力の制限方法の内容を示すフローチャートである。

【図14】図13のステップS16の内容（消費電力の制限処理）を示すフローチャートである。

【図15】図14に代る他の消費電力の制限処理を示すフローチャートである。

【図16】図2のサスペンションユニットに代る他のサスペンションユニットを示す断面図である。

【図17】本発明の第2実施の形態に係る電磁サスペンション装置を模式的に示す図である。

#### 【符号の説明】

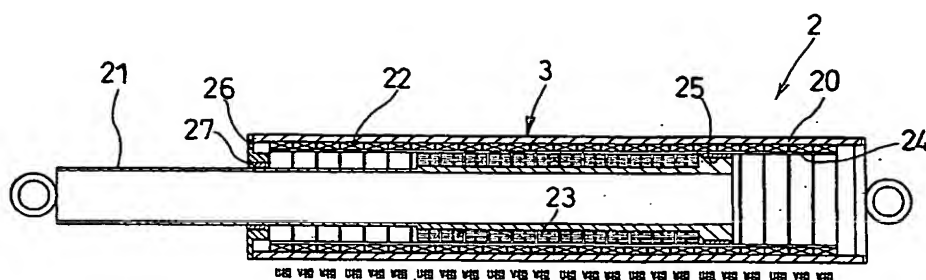
- 1 電磁サスペンション装置、
- 2 サスペンションユニット
- 3 モータ
- 7 制御装置（消費電力比較手段、消費電力制御手段）
- 22 コイル（コイル部材）
- 23 永久磁石（磁石部材）
- 51 電流検出器（消費電力検出手段）
- 52 電圧検出器（消費電力検出手段）

【図6】

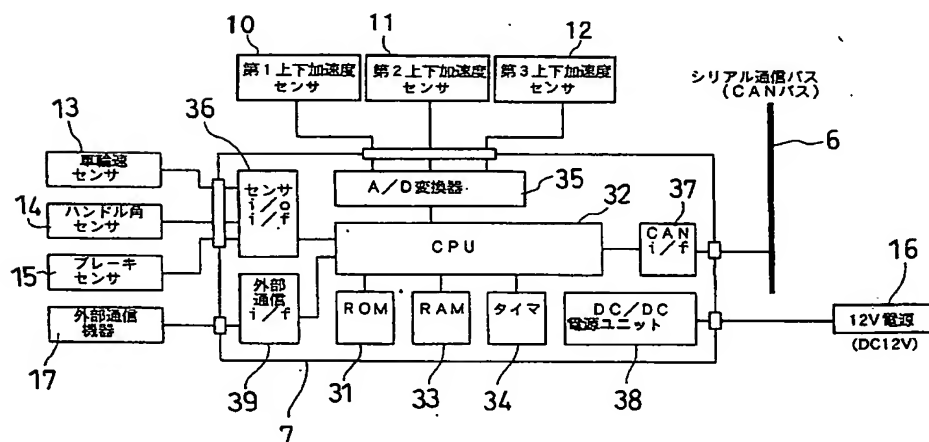
$$Pb = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N e(k) \times i(k) \quad \dots \dots \dots (3)$$

ただし、 $e(k)$  =  $k$  番目のサンプリングによる瞬時電圧値  
 $i(k)$  =  $k$  番目のサンプリングによる瞬時電流値  
 $N$  = サンプリング回数

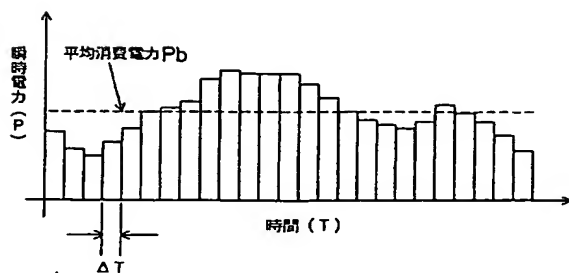
【図2】



【図3】



【図7】



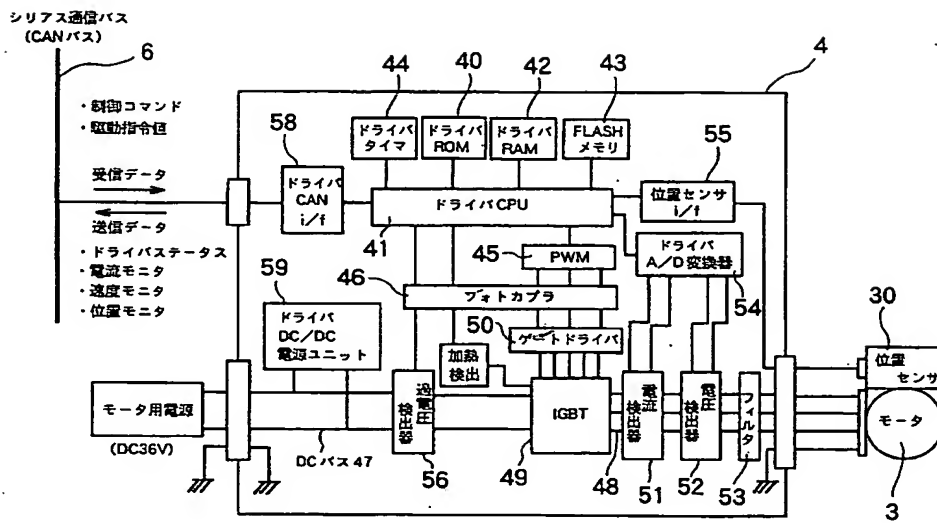
【図8】

$$E = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N e(k)^2} \quad \dots \dots \dots (4)$$

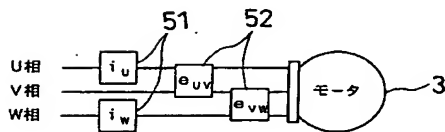
$$I = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N i(k)^2} \quad \dots \dots \dots (5)$$

ただし、 $e(k)$  =  $k$  番目のサンプリングによる瞬時電圧値  
 $i(k)$  =  $k$  番目のサンプリングによる瞬時電流値  
 $N$  = サンプリング回数

【図4】



【図9】

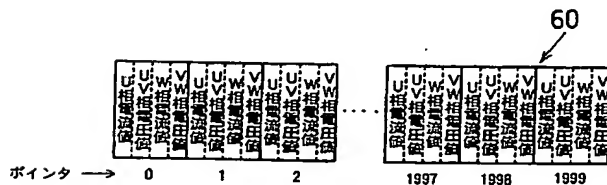


【図10】

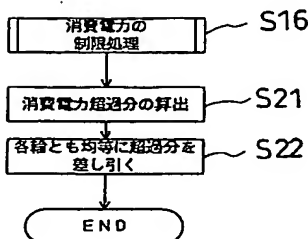
$$P = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N e_{uv}(k) \times i_u(k) + e_{vw}(k) \times i_w(k) \quad \dots \dots \dots (6)$$

ただし、 $e_n(k)$  = k 番目のサンプリングによる U-V 相の瞬時電圧値  
 $i_u(k)$  = k 番目のサンプリングによる U 相の瞬時電流値  
 $e_n(k)$  = k 番目のサンプリングによる V-W 相の瞬時電圧値  
 $i_w(k)$  = k 番目のサンプリングによる W 相の瞬時電流値  
 $N$  = サンプリング回数

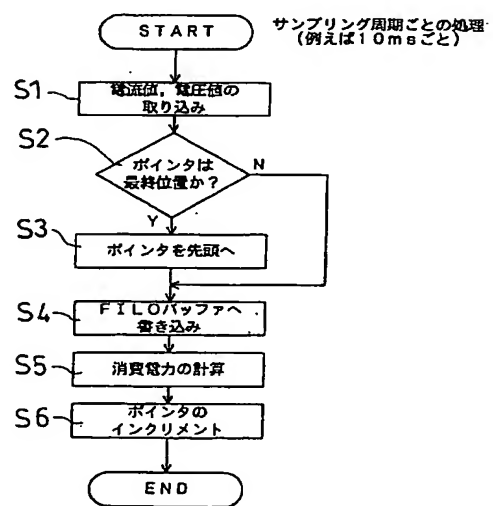
【図11】



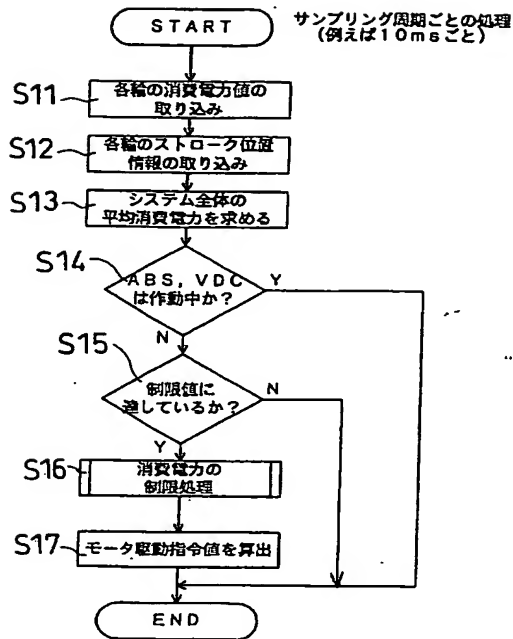
【図14】



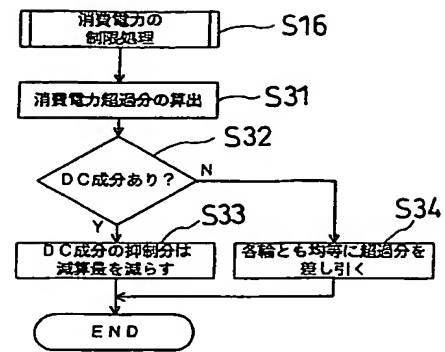
【図12】



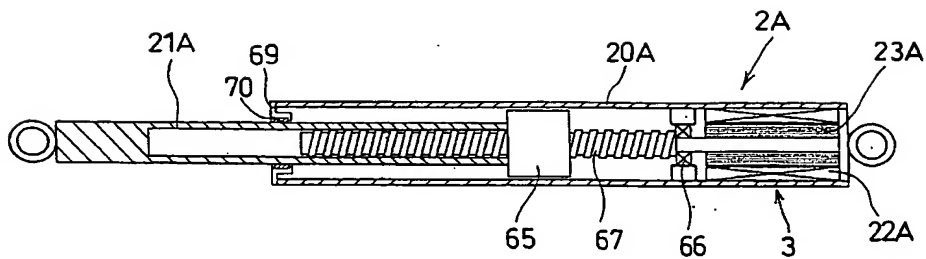
【図13】



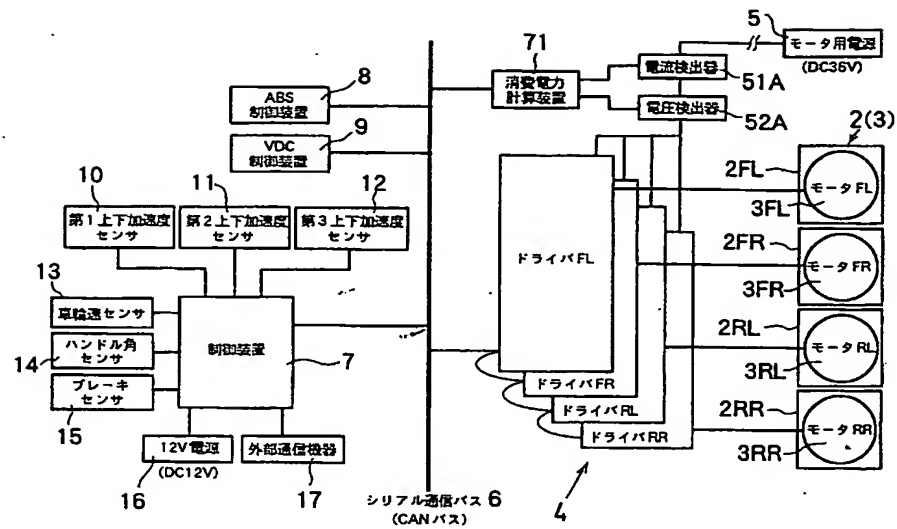
【図15】



【図16】



【図17】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3D001 AA17 DA17 EA07 EA08 EA22  
 EA34 EB00 EC01 ED02  
 3J048 AA02 AB08 AB11 AC08 AD01  
 BE09 CB21 DA01 EA16  
 5H540 AA02 BA03 BB06 EE08 FC04